

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-258413

(43)Date of publication of application : 24.09.1999

(51)Int.Cl.

G02B 5/18
G02B 27/10

(21)Application number : 10-063755

(71)Applicant : ASAHI OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 13.03.1998

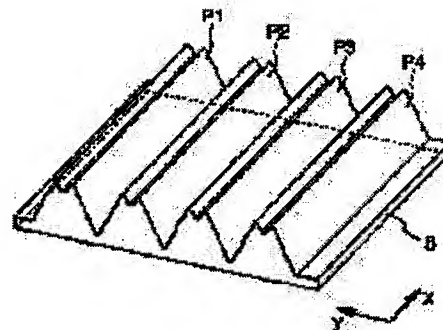
(72)Inventor : IIZUKA TAKAYUKI
NOGUCHI MASATO

(54) LUMINOUS FLUX DIVIDING ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a luminous flux dividing element capable of heightening the diffraction efficiency as compared with a conventional element.

SOLUTION: This permeation grading type luminous flux dividing element is formed by arranging a large number of stripe-like standard phase patterns P1, P2,... in parallel at equal pitches on a substrate B and the substrate B including the standard patterns P is made of a transparent resin material of glass material and diffracts impingement light to divide the light into a plurality of luminous fluxes. Respective standard phase patterns P1, P2,... are formed so as to nonlinearly change the phase difference given in the pitches, that is, as to have multilevel values not binary values. Moreover, the standard phase patterns are formed so as to be smoothly continuing shape having no phase gap between neighboring standard phase patterns.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-258413

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月24日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 5/18

27/10

識別記号

F I

G 0 2 B 5/18

27/10

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願平10-63755

(22) 出願日 平成10年(1998) 3月13日

(71) 出願人 000000527

旭光学工業株式会社

東京都板橋区前野町2丁目36番9号

(72) 発明者 飯塚 隆之

東京都板橋区前野町2丁目36番9号旭光学

工業株式会社内

(72) 発明者 野口 正人

東京都板橋区前野町2丁目36番9号旭光学

工業株式会社内

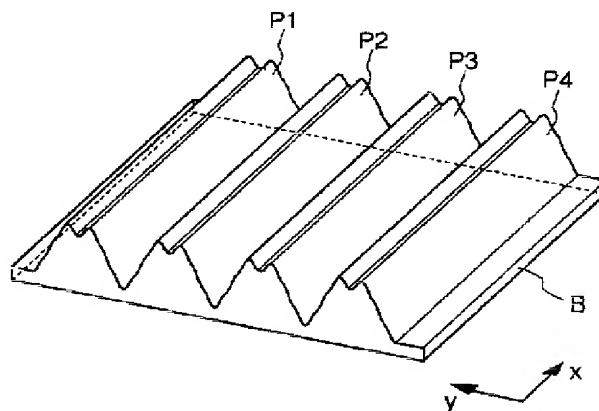
(74) 代理人 弁理士 金井 英幸

(54) 【発明の名称】 光束分割素子

(57) 【要約】

【課題】 従来の光束分割素子は、回折効率がで70%～85%と低い値に止まっており、入射光の強度を十分有効に利用することができず、光エネルギーのロスが大きいという問題がある。

【解決手段】 帯状の基準位相パターンP1, P2, ... が基板B上に等ピッチで多数並列して形成される。基板Bは、基準パターンPも含めて透明な樹脂材料、またはガラス材料で形成されており、入射光を回折させて複数の光束に分割する透過型のグレーティング型光束分割素子である。それぞれの基準位相パターンP1, P2, ... は、ピッチ内で与える位相差が非線形に変化するよう、すなわち、二値ではなく多値の値を持つよう形成され、しかも、隣接する基準位相パターンの間に位相ギャップを持たない滑らかな連続形状とされている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 帯状の基準位相パターンが基板上に等ピッチで多数並列して形成され、入射光を回折させて複数の光束に分割するグレーティング型の光束分割素子において、

前記基準位相パターンは、前記ピッチ内で与える位相差が非線形に変化するように形成され、隣接する前記基準位相パターンの間での位相ギャップを有しない連続形状であることを特徴とする光束分割素子。

【請求項2】 メニスカスのシリンドリカル形状を有し、前記基準位相パターンがシリンドリカル面に周方向に沿って形成されていることを特徴とする請求項1に記載の光束分割素子。

【請求項3】 前記基準位相パターンは、入射光束を回折させて奇数本の光束に分割することを特徴とする請求項1または2のいずれかに記載の光束分割素子。

【請求項4】 前記基準位相パターンは、入射光束を回折させて $2n+1$ 本の光束(n は自然数)に分割することを特徴とする請求項3に記載の光束分割素子。

【請求項5】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を64に等分割した場合の各座標位置での位相(単位:ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を8分割することを特徴とする請求項1または2のいずれかに記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	5.38745	43	5.88525
1	0.00584	23	5.39829	44	5.41667
2	0.15164	24	5.23065	45	4.88464
3	0.35629	25	4.85749	46	4.48907
4	0.58665	26	4.39754	47	4.28159
5	0.83274	27	4.06325	48	4.20466
6	1.09396	28	3.93283	49	4.18625
7	1.37055	29	3.96292	50	4.17531
8	1.65867	30	4.08551	51	4.13989
9	1.95725	31	4.25798	52	4.05584
10	2.26136	32	4.46010	53	3.91493
11	2.56901	33	4.67944	54	3.73275
12	2.87576	34	4.91025	55	3.54727
13	3.17996	35	5.14559	56	3.39464
14	3.48272	36	5.37916	57	3.28598
15	3.77944	37	5.60412	58	3.19644
16	4.06951	38	5.81229	59	3.04634
17	4.34806	39	5.99531	60	2.70057
18	4.61248	40	6.13707	61	1.99407
19	4.85863	41	6.20469	62	1.00901
20	5.08064	42	6.14380	63	0.28129
21	5.26485				

【請求項6】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を64に等分割した場合の各座標位置での位相(単位:

ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を3分割することを特徴とする請求項4に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	2.21711	43	2.05870
1	0.00266	23	2.26976	44	1.94086
2	0.00934	24	2.31073	45	1.78317
3	0.01902	25	2.34250	46	1.58197
4	0.03379	26	2.36768	47	1.33965
5	0.05260	27	2.38649	48	1.08013
6	0.07728	28	2.40075	49	0.83831
7	0.10905	29	2.41043	50	0.63661
8	0.15001	30	2.41712	51	0.48041
9	0.20267	31	2.42003	52	0.36058
10	0.27091	32	2.42003	53	0.27091
11	0.36058	33	2.41712	54	0.20267
12	0.48041	34	2.41043	55	0.15001
13	0.63661	35	2.40075	56	0.10905
14	0.83831	36	2.38649	57	0.07728
15	1.08013	37	2.36768	58	0.05260
16	1.33965	38	2.34250	59	0.03379
17	1.58197	39	2.31073	60	0.01902
18	1.78317	40	2.26976	61	0.00934
19	1.94086	41	2.21711	62	0.00266
20	2.05870	42	2.14936	63	0.00000
21	2.14936				

【請求項7】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を64に等分割した場合の各座標位置での位相(単位:ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を5分割することを特徴とする請求項4に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	2.62592	43	2.46280
1	0.03924	23	2.76440	44	2.41055
2	0.12827	24	2.97184	45	2.36750
3	0.28679	25	3.27700	46	2.33120
4	0.54293	26	3.66127	47	2.29773
5	0.90164	27	4.02048	48	2.26544
6	1.28567	28	4.27638	49	2.23221
7	1.59133	29	4.43440	50	2.19516
8	1.79877	30	4.52392	51	2.15337
9	1.93725	31	4.56329	52	2.10062
10	2.03162	32	4.56329	53	2.03162
11	2.10062	33	4.52392	54	1.93725
12	2.15337	34	4.43440	55	1.79877
13	2.19516	35	4.27638	56	1.59133
14	2.23221	36	4.02048	57	1.28567
15	2.26544	37	3.66127	58	0.90164
16	2.29773	38	3.27700	59	0.54293
17	2.33120	39	2.97184	60	0.28679
18	2.36750	40	2.76440	61	0.12827
19	2.41055	41	2.62592	62	0.03924
20	2.46280	42	2.53130	63	0.00000
21	2.53130				

【請求項 8】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 64 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 7 分割することを特徴とする請求項 3 に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	4.89469	43	4.69983
1	0.05027	23	5.01011	44	4.60144
2	0.15007	24	5.14838	45	4.47545
3	0.29821	25	5.31383	46	4.26462
4	0.48248	26	5.50347	47	3.70625
5	0.68149	27	5.70248	48	2.47821
6	0.87213	28	5.88726	49	1.92085
7	1.03758	29	6.03539	50	1.71051
8	1.17586	30	6.13519	51	1.58452
9	1.29178	31	6.18521	52	1.48613
10	1.39202	32	6.18521	53	1.39202
11	1.48613	33	6.13519	54	1.29178
12	1.58452	34	6.03539	55	1.17586
13	1.71051	35	5.88726	56	1.03758
14	1.92085	36	5.70248	57	0.87213
15	2.47821	37	5.50347	58	0.68149
16	3.70625	38	5.31383	59	0.48248
17	4.26462	39	5.14838	60	0.29821
18	4.47545	40	5.01011	61	0.15007
19	4.60144	41	4.89469	62	0.05027
20	4.69983	42	4.79444	63	0.00000
21	4.79444				

【請求項 9】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 64 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 9 分割することを特徴とする請求項 4 に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	6.29969	43	5.74883
1	0.08727	23	6.42061	44	5.37594
2	0.28157	24	6.45338	45	5.03895
3	0.58121	25	6.40383	46	4.77212
4	0.94548	26	6.26897	47	4.54875
5	1.28199	27	6.04448	48	4.33621
6	1.55363	28	5.77626	49	4.09535
7	1.77708	29	5.53539	50	3.78851
8	1.98986	30	5.37669	51	3.38602
9	2.22728	31	5.29971	52	2.93113
10	2.53102	32	5.29971	53	2.53102
11	2.93113	33	5.37669	54	2.22728
12	3.38602	34	5.53539	55	1.98986
13	3.78851	35	5.77626	56	1.77708
14	4.09535	36	6.04448	57	1.55363
15	4.33621	37	6.26897	58	1.28199
16	4.54875	38	6.40383	59	0.94548
17	4.77212	39	6.45338	60	0.58121
18	5.03895	40	6.42061	61	0.28157
19	5.37594	41	6.29969	62	0.08727
20	5.74883	42	6.07744	63	0.00000
21	6.07744				

【請求項 1 0】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 6 4 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 1 1 分割することを特徴とする請求項 3 に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.55035	22	5.40090	43	4.46845
1	0.47385	23	7.07890	44	4.30615
2	0.33730	24	7.48005	45	4.13665
3	0.18130	25	7.67005	46	3.91935
4	0.05650	26	7.83650	47	3.61435
5	0.00000	27	8.01900	48	3.19015
6	0.02905	28	8.23470	49	2.70165
7	0.16455	29	8.46370	50	2.26785
8	0.42500	30	8.66000	51	1.91135
9	0.80350	31	8.76950	52	1.57925
10	1.21375	32	8.76950	53	1.21375
11	1.57925	33	8.66000	54	0.80350
12	1.91135	34	8.46370	55	0.42500
13	2.26785	35	8.23470	56	0.16455
14	2.70165	36	8.01900	57	0.02905
15	3.19015	37	7.83650	58	0.00000
16	3.61435	38	7.67005	59	0.05650
17	3.91935	39	7.48005	60	0.18130
18	4.13665	40	7.07890	61	0.33730
19	4.30615	41	5.40090	62	0.47385
20	4.46845	42	4.69145	63	0.55035
21	4.69145				

【請求項 1 1】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 6 4 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 1 3 分割することを特徴とする請求項 3 に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	5.41622	43	6.13950
1	0.15833	23	5.21037	44	6.77070
2	0.75073	24	5.00017	45	7.20190
3	1.86137	25	4.76167	46	7.35715
4	2.33517	26	4.51136	47	7.31860
5	2.55480	27	4.31334	48	7.08340
6	2.75605	28	4.21224	49	6.61767
7	3.08432	29	4.19796	50	6.09398
8	3.86142	30	4.22956	51	5.72612
9	4.78773	31	4.25834	52	5.47112
10	5.21682	32	4.25834	53	5.21682
11	5.47112	33	4.22956	54	4.78773
12	5.72612	34	4.19796	55	3.86142
13	6.09398	35	4.21224	56	3.08432
14	6.61767	36	4.31334	57	2.75605
15	7.08340	37	4.51136	58	2.55480
16	7.31860	38	4.76167	59	2.33517
17	7.35715	39	5.00017	60	1.86137
18	7.20190	40	5.21037	61	0.75073
19	6.77070	41	5.41622	62	0.15833
20	6.13950	42	5.68672	63	0.00000
21	5.68672				

【請求項 1 2】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 6 4 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 1 5 分割することを特徴とする請求項 3 に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	6.57449	43	5.84407
1	0.13568	23	6.52634	44	5.77096
2	0.44834	24	6.76652	45	5.70160
3	0.88163	25	7.51678	46	5.73259
4	1.30576	26	8.17152	47	5.86992
5	1.68261	27	8.33066	48	6.00010
6	2.06476	28	8.24053	49	6.05069
7	2.58479	29	7.93941	50	6.01035
8	3.41429	30	7.43741	51	5.82002
9	4.25901	31	6.90008	52	5.24391
10	4.76903	32	6.42146	53	4.21766
11	5.10604	33	5.81404	54	3.68439
12	5.38589	34	4.94279	55	3.40442
13	5.70998	35	4.37965	56	3.14066
14	6.36406	36	4.15254	57	2.74639
15	7.67823	37	4.10114	58	2.05398
16	8.23179	38	4.20216	59	1.25189
17	8.42421	39	4.57064	60	0.73750
18	8.48698	40	5.25321	61	0.40096
19	8.42208	41	5.70212	62	0.16205
20	8.03894	42	5.84742	63	0.02012
21	7.05405				

【請求項 1 3】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 6 4 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 1 7 分割することを特徴とする請求項 4 に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	2.03700	22	4.31850	43	5.99500
1	1.82850	23	4.25400	44	6.05700
2	1.40900	24	4.45850	45	5.85150
3	0.87800	25	4.96000	46	5.35650
4	0.43050	26	5.65950	47	4.60500
5	0.13400	27	6.17350	48	3.96350
6	0.00000	28	6.58600	49	3.43500
7	0.07350	29	7.32500	50	2.83450
8	0.40250	30	8.39250	51	2.19400
9	0.87750	31	8.75100	52	1.69400
10	1.29800	32	8.75100	53	1.29800
11	1.69400	33	8.39250	54	0.87750
12	2.19400	34	7.32500	55	0.40250
13	2.83450	35	6.58600	56	0.07350
14	3.43500	36	6.17350	57	0.00000
15	3.96350	37	5.65950	58	0.13400
16	4.60500	38	4.96000	59	0.43050
17	5.35650	39	4.45850	60	0.87800
18	5.85150	40	4.25400	61	1.40900
19	6.05700	41	4.31850	62	1.82850
20	5.99500	42	5.14850	63	2.03700
21	5.14850				

【請求項 1 4】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 6 4 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 8 分割することを特徴とする請求項 1 または 2 のいずれかに記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	6.20469	22	0.81724	43	0.31944
1	6.19885	23	0.80640	44	0.78802
2	6.05305	24	0.97404	45	1.32005
3	5.84840	25	1.34720	46	1.71562
4	5.61804	26	1.80715	47	1.92310
5	5.37195	27	2.14144	48	2.00003
6	5.11073	28	2.27186	49	2.01844
7	4.83414	29	2.24177	50	2.02938
8	4.54602	30	2.11918	51	2.06480
9	4.24744	31	1.94671	52	2.14885
10	3.94333	32	1.74459	53	2.28976
11	3.63568	33	1.52525	54	2.47194
12	3.32893	34	1.29444	55	2.65742
13	3.02473	35	1.05910	56	2.81005
14	2.72197	36	0.82553	57	2.91871
15	2.42525	37	0.60057	58	3.00825
16	2.13518	38	0.39240	59	3.15835
17	1.85663	39	0.20938	60	3.50412
18	1.59221	40	0.06762	61	4.21062
19	1.34606	41	0.00000	62	5.19568
20	1.12405	42	0.06089	63	5.92340
21	0.93984				

【請求項 1 5】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 6 4 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 3 分割することを特徴とする請求項 4 に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	2.42003	22	0.20292	43	0.36133
1	2.41737	23	0.15027	44	0.47917
2	2.41069	24	0.10930	45	0.63686
3	2.40101	25	0.07753	46	0.83806
4	2.38624	26	0.05235	47	1.08038
5	2.36743	27	0.03354	48	1.33990
6	2.34275	28	0.01928	49	1.58172
7	2.31098	29	0.00960	50	1.78342
8	2.27002	30	0.00291	51	1.93962
9	2.21736	31	0.00000	52	2.05945
10	2.14912	32	0.00000	53	2.14912
11	2.05945	33	0.00291	54	2.21736
12	1.93962	34	0.00960	55	2.27002
13	1.78342	35	0.01928	56	2.31098
14	1.58172	36	0.03354	57	2.34275
15	1.33990	37	0.05235	58	2.36743
16	1.08038	38	0.07753	59	2.38624
17	0.83806	39	0.10930	60	2.40101
18	0.63686	40	0.15027	61	2.41069
19	0.47917	41	0.20292	62	2.41737
20	0.36133	42	0.27067	63	2.42003
21	0.27067				

【請求項 1 6】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 6 4 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 5 分割することを特徴とする請求項 4 に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	4.56329	22	1.93737	43	2.10049
1	4.52405	23	1.79889	44	2.15274
2	4.43502	24	1.59145	45	2.19579
3	4.27650	25	1.28629	46	2.23209
4	4.02036	26	0.90202	47	2.26556
5	3.66165	27	0.54281	48	2.29785
6	3.27762	28	0.28691	49	2.33108
7	2.97196	29	0.12889	50	2.36813
8	2.76452	30	0.03937	51	2.40992
9	2.62604	31	0.00000	52	2.46267
10	2.53167	32	0.00000	53	2.53167
11	2.46267	33	0.03937	54	2.62604
12	2.40992	34	0.12889	55	2.76452
13	2.36813	35	0.28691	56	2.97196
14	2.33108	36	0.54281	57	3.27762
15	2.29785	37	0.90202	58	3.66165
16	2.26556	38	1.28629	59	4.02036
17	2.23209	39	1.59145	60	4.27650
18	2.19579	40	1.79889	61	4.43502
19	2.15274	41	1.93737	62	4.52405
20	2.10049	42	2.03199	63	4.56329
21	2.03199				

【請求項 1 7】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 6 4 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 7 分割することを特徴とする請求項 3 に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	6.18521	22	1.29052	43	1.48538
1	6.13494	23	1.17510	44	1.58377
2	6.03514	24	1.03683	45	1.70976
3	5.88700	25	0.87138	46	1.92059
4	5.70273	26	0.68174	47	2.47896
5	5.50372	27	0.48273	48	3.70700
6	5.31308	28	0.29795	49	4.26436
7	5.14763	29	0.14982	50	4.47470
8	5.00935	30	0.05002	51	4.60069
9	4.89343	31	0.00000	52	4.69908
10	4.79319	32	0.00000	53	4.79319
11	4.69908	33	0.05002	54	4.89343
12	4.60069	34	0.14982	55	5.00935
13	4.47470	35	0.29795	56	5.14763
14	4.26436	36	0.48273	57	5.31308
15	3.70700	37	0.68174	58	5.50372
16	2.47896	38	0.87138	59	5.70273
17	1.92059	39	1.03683	60	5.88700
18	1.70976	40	1.17510	61	6.03514
19	1.58377	41	1.29052	62	6.13494
20	1.48538	42	1.39077	63	6.18521
21	1.39077				

【請求項 1 8】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 6 4 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 9 分割することを特徴とする請求項 4 に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	6.45338	22	0.15369	43	0.70455
1	6.36611	23	0.03277	44	1.07744
2	6.17181	24	0.00000	45	1.41443
3	5.87217	25	0.04955	46	1.68126
4	5.50790	26	0.18441	47	1.90463
5	5.17139	27	0.40890	48	2.11717
6	4.89975	28	0.67712	49	2.35803
7	4.67630	29	0.91799	50	2.66487
8	4.46352	30	1.07669	51	3.06736
9	4.22610	31	1.15367	52	3.52225
10	3.92236	32	1.15367	53	3.92236
11	3.52225	33	1.07669	54	4.22610
12	3.06736	34	0.91799	55	4.46352
13	2.66487	35	0.67712	56	4.67630
14	2.35803	36	0.40890	57	4.89975
15	2.11717	37	0.18441	58	5.17139
16	1.90463	38	0.04955	59	5.50790
17	1.68126	39	0.00000	60	5.87217
18	1.41443	40	0.03277	61	6.17181
19	1.07744	41	0.15369	62	6.36611
20	0.70455	42	0.37594	63	6.45338
21	0.37594				

【請求項 1 9】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 6 4 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 1 1 分割することを特徴とする請求項 3 に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	8.21915	22	3.36860	43	4.30105
1	8.29565	23	1.69060	44	4.46335
2	8.43220	24	1.28945	45	4.63285
3	8.58820	25	1.09945	46	4.85015
4	8.71300	26	0.93300	47	5.15515
5	8.76950	27	0.75050	48	5.57935
6	8.74045	28	0.53480	49	6.06785
7	8.60495	29	0.30580	50	6.50165
8	8.34450	30	0.10950	51	6.85815
9	7.96600	31	0.00000	52	7.19025
10	7.55575	32	0.00000	53	7.55575
11	7.19025	33	0.10950	54	7.96600
12	6.85815	34	0.30580	55	8.34450
13	6.50165	35	0.53480	56	8.60495
14	6.06785	36	0.75050	57	8.74045
15	5.57935	37	0.93300	58	8.76950
16	5.15515	38	1.09945	59	8.71300
17	4.85015	39	1.28945	60	8.58820
18	4.63285	40	1.69060	61	8.43220
19	4.46335	41	3.36860	62	8.29565
20	4.30105	42	4.07805	63	8.21915
21	4.07805				

【請求項 2 0】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 6 4 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 1 3 分割することを特徴とする請求項 3 に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	7.35715	22	1.94093	43	1.21765
1	7.19882	23	2.14678	44	0.58645
2	6.60642	24	2.35698	45	0.15525
3	5.49578	25	2.59548	46	0.00000
4	5.02198	26	2.84579	47	0.03855
5	4.80235	27	3.04381	48	0.27375
6	4.60110	28	3.14491	49	0.73948
7	4.27283	29	3.15919	50	1.26317
8	3.49573	30	3.12759	51	1.63103
9	2.56942	31	3.09881	52	1.88603
10	2.14033	32	3.09881	53	2.14033
11	1.88603	33	3.12759	54	2.56942
12	1.63103	34	3.15919	55	3.49573
13	1.26317	35	3.14491	56	4.27283
14	0.73948	36	3.04381	57	4.60110
15	0.27375	37	2.84579	58	4.80235
16	0.03855	38	2.59548	59	5.02198
17	0.00000	39	2.35698	60	5.49578
18	0.15525	40	2.14678	61	6.60642
19	0.58645	41	1.94093	62	7.19882
20	1.21765	42	1.67043	63	7.35715
21	1.67043				

【請求項 2 1】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を 6 4 に等分割した場合の各座標位置での位相(単位: ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を 1 5 分割することを特徴とする請求項 3 に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	8.48698	22	1.91249	43	2.64291
1	8.35130	23	1.96064	44	2.71602
2	8.03864	24	1.72046	45	2.78338
3	7.60335	25	0.97020	46	2.75439
4	7.18122	26	0.31546	47	2.61706
5	6.80437	27	0.15632	48	2.48688
6	6.42222	28	0.24645	49	2.43629
7	5.90219	29	0.54757	50	2.47663
8	5.07269	30	1.04957	51	2.66696
9	4.22797	31	1.58690	52	3.24307
10	3.71795	32	2.06352	53	4.26932
11	3.38094	33	2.67294	54	4.80259
12	3.10109	34	3.54419	55	5.08256
13	2.77700	35	4.10733	56	5.34632
14	2.12292	36	4.33444	57	5.74059
15	0.80875	37	4.38384	58	6.43300
16	0.25519	38	4.28482	59	7.23509
17	0.06277	39	3.91634	60	7.74948
18	0.00000	40	3.23377	61	8.08602
19	0.06490	41	2.78486	62	8.32493
20	0.44804	42	2.63956	63	8.46686
21	1.43293				

【請求項22】 前記基準位相パターンは、前記ピッチ内を64に等分割した場合の各座標位置での位相(単位:ラジアン)が、以下の値を中心とする所定の誤差範囲内に入るよう形成され、前記入射光を17分割することを特徴とする請求項4に記載の光束分割素子。

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	6.71400	22	4.43250	43	2.75600
1	6.92250	23	4.49700	44	2.69400
2	7.34200	24	4.29250	45	2.89950
3	7.87300	25	3.79100	46	3.39450
4	8.32050	26	3.09150	47	4.14600
5	8.61700	27	2.57750	48	4.78750
6	8.75100	28	2.16500	49	5.31600
7	8.67750	29	1.42600	50	5.91650
8	8.34850	30	0.35850	51	6.55700
9	7.87350	31	0.00000	52	7.05700
10	7.45300	32	0.00000	53	7.45300
11	7.05700	33	0.35850	54	7.87350
12	6.55700	34	1.42600	55	8.34850
13	5.91650	35	2.16500	56	8.67750
14	5.31600	36	2.57750	57	8.75100
15	4.78750	37	3.09150	58	8.61700
16	4.14600	38	3.79100	59	8.32050
17	3.39450	39	4.29250	60	7.87300
18	2.89950	40	4.49700	61	7.34200
19	2.69400	41	4.43250	62	6.92250
20	2.75600	42	3.60250	63	6.71400
21	3.60250				

【請求項23】 前記所定の誤差範囲は、位相量として約2パーセントであることを特徴とする請求項5～22の何れかに記載の光束分割素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、グレーティング型の光束分割素子に関する。

【0002】

【従来の技術】従来のグレーティング型の光束分割素子は、例えば特開平5-323110号公報、特開平7-225305号公報等の開示されている。これらの公報には、単一の位相高さを持つ不均等幅の矩形パターンを利用して奇数本、あるいは偶数本の回折光を得る光束分割素子が開示される。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した公報に記載された従来の光束分割素子は、回折効率が前者の実施例で70%～85%、後者の実施例で81%と低い値に止まっており、入射光の強度を十分有効に利用することができず、光エネルギーのロスが大きいという問題がある。

【0004】この発明は、上述した従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、回折効率を従来の素子よりも高めることができる光束分割素子を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】この発明にかかるグレー

ティング型の光束分割素子は、上記の目的を達成させるため、帯状の基準位相パターンを、そのピッチ内で与える位相差が非線形に変化するよう形成し、かつ、隣接する基準位相パターンの間での位相ギャップを有しない連続形状としたことを特徴とする。

【0006】上記のように非線形な位相差を与えることにより、回折効率を高めることができ、かつ、隣接する基準位相パターン間に位相ギャップがないため、モールド時に金型から素子へパターンを正確に複写できる。また、全体をメニスカスのシリンドリカル形状とすると、製造工程の負担を軽減することができる。なお、位相ギャップを持たない場合、回折効率を高く保つためには、回折による光束の分割数を奇数とすることが望ましい。また、光コンピュータ等への適用を考えた場合には、 $2^n + 1$ 本、例えば5, 9, 17本に分割し、1本をモニター用等に供するのが効果的である。

【0007】

【発明の実施の形態】以下、この発明にかかる光束分割素子の実施形態を説明する。図1は実施形態の光束分割素子の基準位相パターンの形状を示す拡大図、図2は素子全体を示す斜視図である。

【0008】この発明の光束分割素子の回折パターンの形成された部分は、図1に拡大して示されるように、x方向に延びる帯状の基準位相パターンP1, P2, ...が基板B上に等ピッチでy方向に多数並列して形成される。基板Bは、基準パターンPも含めて透明な樹脂材料、またはガラス材料で形成されており、入射光を回折させて複数の光束に分割する透過型のグレーティング型光束分割素子である。

【0009】それぞれの基準位相パターンP1, P2, ...は、y方向においてそのピッチ内で与える位相差が非線形に変化するよう、すなわち、二値ではなく多値の値を持つよう形成され、しかも、隣接する基準位相パターンの間に位相ギャップを持たない滑らかな連続形状とされている。このような構成によると、複数の回折光を効率よく発生させることができる。なお、図1に示される基準位相パターンの形状は、後述する実施例5の基準位相パターンを利用して形成されている。

【0010】実施形態のように位相差が非線形に変化するような複雑な位相パターンを持つ回折格子は、干渉法や、干渉法により得られたパターンをマスクとするエッチング法では正確に刻むことができない。そこで、ここでは、機械刻線法によりマスターとなる金型を作成し、その刻線されたマスターのパターンを樹脂や光学ガラスに転写することにより光束分割素子を作成する。

【0011】また、機械刻線法によりマスターを形成する場合にも、平面上に位相パターンを形成するためには、この平面に平行な面内の直交2軸方向と、平面に垂直な高さ方向との全部で3次元の方向に対してバイトと金型とを相対的に駆動制御しなければならず、加工に時

間がかかる上、3次元の制御で波長オーダーの精密なパターンを刻むためには駆動装置のコストが高くなる。実施形態では、形成される位相パターンが、その高さがy方向に沿ってのみ変化し、x方向については同一であることに着目し、x方向を円周方向とする円柱面上に位相パターンを形成するよう構成している。

【0012】この方法によれば、バイトと金型との相対的な位置を回転軸方向yと回転軸に近接、離反するz方向の二次元方向に制御するのみで金型を加工することができ、比較的簡単な制御で実施形態のように位相パターンが多値、非線形の複雑な位相差を持つグレーティングパターンのマスターを形成することができる。

【0013】したがって、形成される光束分割素子10は、全体的に見ると、図2に示されるように、メニスカスのシリンドリカル形状となる。すなわち、破線で示される円C1, C2を断面とする円柱に沿って形成された内側の凹状の円柱面11に、周方向に沿って延びる基準位相パターンが母線方向に沿って複数並列して回折パターン部12が形成されている。なお、位相パターンは、光の入射側、射出側のいずれに配置しても回折効果は同一である。また、シリンドリカル曲率半径が素子のサイズと比較して十分に大きい場合には、素子の巨視的な全体形状は平行平板とみなすことができる。

【0014】

【実施例】次に、上記の実施形態に基づく具体的な実施例である光束分割素子の構成例を18例説明する。実施例1～9は入射光束をそれぞれ8光束、3光束、5光束、7光束、9光束、11光束、13光束、15光束、17光束に分割する素子であり、実施例10～18はそれぞれ実施例1～9の位相パターンの凹凸を反転させたパターンを有する素子で、光束の分割数は反転前の実施例と同一である。

【0015】各実施例の基準位相パターンは、光束を所望の本数に分割するときに、(1)分割された各光束の強度が同一になるようにすること、(2)目的とする分割数以外の位置に余分な光が出ないようにすること、という2つの条件を満たすよう最適化することにより求められた形状である。

【0016】

【実施例1】表1は、実施例1の8分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示す。この表では、基準位相パターンの1ピッチを図1のy方向、すなわち位相パターンの並列方向に沿って0～63の64の座標に等分割し、各座標での相対的な形状を光の位相差(単位:ラジアン)として示している。実形状は、座標0の点からのz方向の距離として表される場合、空気中での使用を前提とすると、使用波長を λ 、素子の屈折率を n として、位相 $\times \lambda / (2\pi(n-1))$ により求められる。図3は、表1に示される実施例1の光束分割素子の基準位相パターンの形状を示すグラフであ

り、縦軸が位相差、横軸が座標である。

【 0 0 1 7 】

【 表 1 】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	5.38745	43	5.88525
1	0.00584	23	5.39829	44	5.41667
2	0.15164	24	5.23065	45	4.88464
3	0.35629	25	4.85749	46	4.48907
4	0.58665	26	4.39754	47	4.28159
5	0.83274	27	4.06325	48	4.20466
6	1.09396	28	3.93283	49	4.18625
7	1.37055	29	3.96292	50	4.17531
8	1.65867	30	4.08551	51	4.13989
9	1.95725	31	4.25798	52	4.05584
10	2.26136	32	4.46010	53	3.91493
11	2.56901	33	4.67944	54	3.73275
12	2.87576	34	4.91025	55	3.54727
13	3.17996	35	5.14559	56	3.39464
14	3.48272	36	5.37916	57	3.28598
15	3.77944	37	5.60412	58	3.19644
16	4.06951	38	5.81229	59	3.04634
17	4.34806	39	5.99531	60	2.70057
18	4.61248	40	6.13707	61	1.99407
19	4.85863	41	6.20469	62	1.00901
20	5.08064	42	6.14380	63	0.28129
21	5.26485				

【 0 0 1 8 】以下の表 2 は、上述の光束分割素子の光束分割性能を示す数値であり、入射光の強度を 1 として、分割された各光束の光量を ± 1 0 次の範囲で次数毎に示している。回折効率は、目的とする分割数の回折光の強度和が入射光束の強度に占める割合を示す。なお、表 2 に示される回折光の強度分布は、図 4 のグラフに示されている。これらのグラフで、横軸は回折光の次数、縦軸は入射光の強度を 1 としたときの各次数の回折光の強度を示す。

【 0 0 1 9 】

【 表 2 】

次数	光強度	次数	光強度
-10次光	0.00743	1次光	0.11703
-9次光	0.00368	2次光	0.11703
-8次光	0.00304	3次光	0.11701
-7次光	0.00472	4次光	0.11704
-6次光	0.02884	5次光	0.00001
-5次光	0.00592	6次光	0.00001
-4次光	0.00393	7次光	0.00003
-3次光	0.11705	8次光	0.00000
-2次光	0.11701	9次光	0.00002
-1次光	0.11704	10次光	0.00001
0次光	0.11704	回折効率	93.63%

【 0 0 2 0 】

【 実施例 2 】表 3 は、実施例 2 の 3 分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図 5 のグラフに示される。また、この構成による回折光の強度分布は、表 4 及び図 6 のグラフに示されている。

【 0 0 2 1 】

【 表 3 】

実施例 2

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	2.21711	43	2.05870
1	0.00266	23	2.26976	44	1.94086
2	0.00934	24	2.31073	45	1.78317
3	0.01902	25	2.34250	46	1.58197
4	0.03379	26	2.36768	47	1.33965
5	0.05260	27	2.38649	48	1.08013
6	0.07728	28	2.40075	49	0.83831
7	0.10905	29	2.41043	50	0.63661
8	0.15001	30	2.41712	51	0.48041
9	0.20267	31	2.42003	52	0.36058
10	0.27091	32	2.42003	53	0.27091
11	0.36058	33	2.41712	54	0.20267
12	0.48041	34	2.41043	55	0.15001
13	0.63661	35	2.40075	56	0.10905
14	0.83831	36	2.38649	57	0.07728
15	1.08013	37	2.36768	58	0.05260
16	1.33965	38	2.34250	59	0.03379
17	1.58197	39	2.31073	60	0.01902
18	1.78317	40	2.26976	61	0.00934
19	1.94086	41	2.21711	62	0.00266
20	2.05870	42	2.14936	63	0.00000
21	2.14936				

【 0 0 2 2 】

【 表 4 】

次数	光強度	次数	光強度
-10次光	0.00001	1次光	0.30852
-9次光	0.00004	2次光	0.01886
-8次光	0.00007	3次光	0.01351
-7次光	0.00024	4次光	0.00249
-6次光	0.00040	5次光	0.00157
-5次光	0.00157	6次光	0.00040
-4次光	0.00249	7次光	0.00024
-3次光	0.01351	8次光	0.00007
-2次光	0.01886	9次光	0.00004
-1次光	0.30852	10次光	0.00001
0次光	0.30851	回折効率	92.56%

【 0 0 2 3 】

【 実施例 3 】表 5 は、実施例 3 の 5 分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図 7 のグラフに示される。また、この構成による回折光の強度分布は、表 6 及び図 8 のグラフに示され

ている。

【0024】

【表5】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	2.62592	43	2.46280
1	0.03924	23	2.76440	44	2.41055
2	0.12827	24	2.97184	45	2.36750
3	0.28679	25	3.27700	46	2.33120
4	0.54293	26	3.66127	47	2.29773
5	0.90164	27	4.02048	48	2.26544
6	1.28567	28	4.27638	49	2.23221
7	1.59133	29	4.43440	50	2.19516
8	1.79877	30	4.52392	51	2.15337
9	1.93725	31	4.56329	52	2.10062
10	2.03162	32	4.56329	53	2.03162
11	2.10062	33	4.52392	54	1.93725
12	2.15337	34	4.43440	55	1.79877
13	2.19516	35	4.27638	56	1.59133
14	2.23221	36	4.02048	57	1.28567
15	2.26544	37	3.66127	58	0.90164
16	2.29773	38	3.27700	59	0.54293
17	2.33120	39	2.97184	60	0.28679
18	2.36750	40	2.76440	61	0.12827
19	2.41055	41	2.62592	62	0.03924
20	2.46280	42	2.53130	63	0.00000
21	2.53130				

【0025】

【表6】

次数	光強度	次数	光強度
-10次光	0.00038	1次光	0.18425
-9次光	0.00000	2次光	0.18424
-8次光	0.00170	3次光	0.00232
-7次光	0.00203	4次光	0.02739
-6次光	0.00000	5次光	0.00522
-5次光	0.00522	6次光	0.00000
-4次光	0.02739	7次光	0.00203
-3次光	0.00232	8次光	0.00170
-2次光	0.18424	9次光	0.00000
-1次光	0.18425	10次光	0.00038
0次光	0.18425	回折効率	92.13%

【0026】

【実施例4】表7は、実施例4の7分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図9のグラフに示される。また、この構成による回折光の強度分布は、表8及び図10のグラフに示されている。

【0027】

【表7】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	4.89469	43	4.69983
1	0.05027	23	5.01011	44	4.60144
2	0.15007	24	5.14838	45	4.47545
3	0.29821	25	5.31383	46	4.26462
4	0.48248	26	5.50347	47	3.70625
5	0.68149	27	5.70248	48	2.47821
6	0.87213	28	5.88726	49	1.92085
7	1.03758	29	6.03539	50	1.71051
8	1.17586	30	6.13519	51	1.58452
9	1.29178	31	6.18521	52	1.48613
10	1.39202	32	6.18521	53	1.39202
11	1.48613	33	6.13519	54	1.29178
12	1.58452	34	6.03539	55	1.17586
13	1.71051	35	5.88726	56	1.03758
14	1.92085	36	5.70248	57	0.87213
15	2.47821	37	5.50347	58	0.68149
16	3.70625	38	5.31383	59	0.48248
17	4.26462	39	5.14838	60	0.29821
18	4.47545	40	5.01011	61	0.15007
19	4.60144	41	4.89469	62	0.05027
20	4.69983	42	4.79444	63	0.00000
21	4.79444				

【0028】

【表8】

次数	光強度	次数	光強度
-10次光	0.00083	1次光	0.13466
-9次光	0.00358	2次光	0.13467
-8次光	0.00260	3次光	0.13468
-7次光	0.00693	4次光	0.00282
-6次光	0.00136	5次光	0.00426
-5次光	0.00426	6次光	0.00136
-4次光	0.00282	7次光	0.00693
-3次光	0.13468	8次光	0.00260
-2次光	0.13467	9次光	0.00358
-1次光	0.13466	10次光	0.00083
0次光	0.13466	回折効率	94.27%

【0029】

【実施例5】表9は、実施例5の9分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図11のグラフに示される。また、この構成による回折光の強度分布は、表10及び図12のグラフに示されている。

【0030】

【表9】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	6.29969	43	5.74883
1	0.08727	23	6.42061	44	5.37594
2	0.28157	24	6.45338	45	5.03895
3	0.58121	25	6.40383	46	4.77212
4	0.94548	26	6.26897	47	4.54875
5	1.28199	27	6.04448	48	4.33621
6	1.55363	28	5.77626	49	4.09535
7	1.77708	29	5.53539	50	3.78851
8	1.98986	30	5.37669	51	3.38602
9	2.22728	31	5.29971	52	2.93113
10	2.53102	32	5.29971	53	2.53102
11	2.93113	33	5.37669	54	2.22728
12	3.38602	34	5.53539	55	1.98986
13	3.78851	35	5.77626	56	1.77708
14	4.09535	36	6.04448	57	1.55363
15	4.33621	37	6.26897	58	1.28199
16	4.54875	38	6.40383	59	0.94548
17	4.77212	39	6.45338	60	0.58121
18	5.03895	40	6.42061	61	0.28157
19	5.37594	41	6.29969	62	0.08727
20	5.74883	42	6.07744	63	0.00000
21	6.07744				

【0031】

【表10】

次数	光強度	次数	光強度
-10次光	0.00059	1次光	0.11031
-9次光	0.00054	2次光	0.11031
-8次光	0.00021	3次光	0.11031
-7次光	0.00021	4次光	0.11031
-6次光	0.00036	5次光	0.00076
-5次光	0.00076	6次光	0.00036
-4次光	0.11031	7次光	0.00021
-3次光	0.11031	8次光	0.00021
-2次光	0.11031	9次光	0.00054
-1次光	0.11031	10次光	0.00059
0次光	0.11031	回折効率	99.28%

【0032】

【実施例6】表11は、実施例6の11分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図13のグラフに示される。また、この構成による回折光の強度分布は、表12及び図14のグラフに示されている。

【0033】

【表11】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.55035	22	5.40090	43	4.46845
1	0.47385	23	7.07890	44	4.30615
2	0.33730	24	7.48005	45	4.13665
3	0.18130	25	7.67005	46	3.91935
4	0.05650	26	7.83650	47	3.61435
5	0.00000	27	8.01900	48	3.19015
6	0.02905	28	8.23470	49	2.70165
7	0.16455	29	8.46370	50	2.26785
8	0.42500	30	8.66000	51	1.91135
9	0.80350	31	8.76950	52	1.57925
10	1.21375	32	8.76950	53	1.21375
11	1.57925	33	8.66000	54	0.80350
12	1.91135	34	8.46370	55	0.42500
13	2.26785	35	8.23470	56	0.16455
14	2.70165	36	8.01900	57	0.02905
15	3.19015	37	7.83650	58	0.00000
16	3.61435	38	7.67005	59	0.05650
17	3.91935	39	7.48005	60	0.18130
18	4.13665	40	7.07890	61	0.33730
19	4.30615	41	5.40090	62	0.47385
20	4.46845	42	4.69145	63	0.55035
21	4.69145				

【0034】

【表12】

次数	光強度	次数	光強度
-10次光	0.00156	1次光	0.08737
-9次光	0.00329	2次光	0.08737
-8次光	0.00092	3次光	0.08736
-7次光	0.00012	4次光	0.08736
-6次光	0.00157	5次光	0.08738
-5次光	0.08738	6次光	0.00157
-4次光	0.08736	7次光	0.00012
-3次光	0.08736	8次光	0.00092
-2次光	0.08737	9次光	0.00329
-1次光	0.08737	10次光	0.00156
0次光	0.08737	回折効率	96.10%

【0035】

【実施例7】表13は、実施例7の13分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図15のグラフに示される。また、この構成による回折光の強度分布は、表14及び図16のグラフに示されている。

【0036】

【表13】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	5.41622	43	6.13950
1	0.15833	23	5.21037	44	6.77070
2	0.75073	24	5.00017	45	7.20190
3	1.86137	25	4.76167	46	7.35715
4	2.33517	26	4.51136	47	7.31860
5	2.55480	27	4.31334	48	7.08340
6	2.75605	28	4.21224	49	6.61767
7	3.08432	29	4.19796	50	6.09398
8	3.86142	30	4.22956	51	5.72612
9	4.78773	31	4.25834	52	5.47112
10	5.21682	32	4.25834	53	5.21682
11	5.47112	33	4.22956	54	4.78773
12	5.72612	34	4.19796	55	3.86142
13	6.09398	35	4.21224	56	3.08432
14	6.61767	36	4.31334	57	2.75605
15	7.08340	37	4.51136	58	2.55480
16	7.31860	38	4.76167	59	2.33517
17	7.35715	39	5.00017	60	1.86137
18	7.20190	40	5.21037	61	0.75073
19	6.77070	41	5.41622	62	0.15833
20	6.13950	42	5.68672	63	0.00000
21	5.68672				

【0037】

【表14】

次数	光強度	次数	光強度
-10次光	0.00008	1次光	0.07502
-9次光	0.00085	2次光	0.07503
-8次光	0.00138	3次光	0.07503
-7次光	0.00113	4次光	0.07503
-6次光	0.07502	5次光	0.07502
-5次光	0.07502	6次光	0.07502
-4次光	0.07503	7次光	0.00113
-3次光	0.07503	8次光	0.00138
-2次光	0.07503	9次光	0.00085
-1次光	0.07502	10次光	0.00008
0次光	0.07502	回折効率	97.54%

【0038】

【実施例8】表15は、実施例8の15分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図17のグラフに示される。また、この構成による回折光の強度分布は、表16及び図18のグラフに示されている。

【0039】

【表15】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	0.00000	22	6.57449	43	5.84407
1	0.13568	23	6.52634	44	5.77096
2	0.44834	24	6.76652	45	5.70160
3	0.88163	25	7.51678	46	5.73259
4	1.30576	26	8.17152	47	5.86992
5	1.68261	27	8.33066	48	6.00010
6	2.06476	28	8.24053	49	6.05069
7	2.58479	29	7.93941	50	6.01035
8	3.41429	30	7.43741	51	5.82002
9	4.25901	31	6.90008	52	5.24391
10	4.76903	32	6.42146	53	4.21766
11	5.10604	33	5.81404	54	3.68439
12	5.38589	34	4.94279	55	3.40442
13	5.70998	35	4.37965	56	3.14066
14	6.36406	36	4.15254	57	2.74639
15	7.67823	37	4.10114	58	2.05398
16	8.23179	38	4.20216	59	1.25189
17	8.42421	39	4.57064	60	0.73750
18	8.48698	40	5.25321	61	0.40096
19	8.42208	41	5.70212	62	0.16205
20	8.03894	42	5.84742	63	0.02012
21	7.05405				

【0040】

【表16】

次数	光強度	次数	光強度
-10次光	0.00062	1次光	0.06468
-9次光	0.00326	2次光	0.06467
-8次光	0.00041	3次光	0.06467
-7次光	0.06468	4次光	0.06467
-6次光	0.06469	5次光	0.06466
-5次光	0.06467	6次光	0.06469
-4次光	0.06467	7次光	0.06466
-3次光	0.06466	8次光	0.00002
-2次光	0.06467	9次光	0.00036
-1次光	0.06467	10次光	0.00046
0次光	0.06467	回折効率	97.01%

【0041】

【実施例9】表17は、実施例9の17分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図19のグラフに示される。また、この構成による回折光の強度分布は、表18及び図20のグラフに示されている。

【0042】

【表17】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	2.03700	22	4.31850	43	5.99500
1	1.82850	23	4.25400	44	6.05700
2	1.40900	24	4.45850	45	5.85150
3	0.87800	25	4.96000	46	5.35650
4	0.43050	26	5.65950	47	4.60500
5	0.13400	27	6.17350	48	3.96350
6	0.00000	28	6.58600	49	3.43500
7	0.07350	29	7.32500	50	2.83450
8	0.40250	30	8.39250	51	2.19400
9	0.87750	31	8.75100	52	1.69400
10	1.29800	32	8.75100	53	1.29800
11	1.69400	33	8.39250	54	0.87750
12	2.19400	34	7.32500	55	0.40250
13	2.83450	35	6.58600	56	0.07350
14	3.43500	36	6.17350	57	0.00000
15	3.96350	37	5.65950	58	0.13400
16	4.60500	38	4.96000	59	0.43050
17	5.35650	39	4.45850	60	0.87800
18	5.85150	40	4.25400	61	1.40900
19	6.05700	41	4.31850	62	1.82850
20	5.99500	42	5.14850	63	2.03700
21	5.14850				

【0043】

【表18】

次数	光強度	次数	光強度
-10次光	0.00038	1次光	0.05771
-9次光	0.00060	2次光	0.05770
-8次光	0.05770	3次光	0.05771
-7次光	0.05769	4次光	0.05770
-6次光	0.05771	5次光	0.05770
-5次光	0.05770	6次光	0.05771
-4次光	0.05770	7次光	0.05769
-3次光	0.05771	8次光	0.05770
-2次光	0.05770	9次光	0.00060
-1次光	0.05771	10次光	0.00038
0次光	0.05771	回折効率	98.10%

【0044】

【実施例10】表19は、実施例10の8分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図21のグラフに示される。この形状は、実施例1の光束分割素子の位相パターンの凹凸を反転させた形状であり、各次数毎の回折光の強度、および回折効率は、実施例1の数値と一致する。

【0045】

【表19】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	6.20469	22	0.81724	43	0.31944
1	6.19885	23	0.80640	44	0.78802
2	6.05305	24	0.97404	45	1.32005
3	5.84840	25	1.34720	46	1.71562
4	5.61804	26	1.80715	47	1.92310
5	5.37195	27	2.14144	48	2.00003
6	5.11073	28	2.27186	49	2.01844
7	4.83414	29	2.24177	50	2.02938
8	4.54602	30	2.11918	51	2.06480
9	4.24744	31	1.94671	52	2.14885
10	3.94333	32	1.74459	53	2.28976
11	3.63568	33	1.52525	54	2.47194
12	3.32893	34	1.29444	55	2.65742
13	3.02473	35	1.05910	56	2.81005
14	2.72197	36	0.82553	57	2.91871
15	2.42525	37	0.60057	58	3.00825
16	2.13518	38	0.39240	59	3.15835
17	1.85663	39	0.20938	60	3.50412
18	1.59221	40	0.06762	61	4.21062
19	1.34606	41	0.00000	62	5.19568
20	1.12405	42	0.06089	63	5.92340
21	0.93984				

【0046】

【実施例11】表20は、実施例11の3分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図22のグラフに示される。この形状は、実施例2の光束分割素子の位相パターンの凹凸を反転させた形状であり、各次数毎の回折光の強度、および回折効率は、実施例2の数値と一致する。

【0047】

【表20】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	2.42003	22	0.20292	43	0.36133
1	2.41737	23	0.15027	44	0.47917
2	2.41069	24	0.10930	45	0.63686
3	2.40101	25	0.07753	46	0.83806
4	2.38624	26	0.05235	47	1.08038
5	2.36743	27	0.03354	48	1.33990
6	2.34275	28	0.01928	49	1.58172
7	2.31098	29	0.00960	50	1.78342
8	2.27002	30	0.00291	51	1.93962
9	2.21736	31	0.00000	52	2.05945
10	2.14912	32	0.00000	53	2.14912
11	2.05945	33	0.00291	54	2.21736
12	1.93962	34	0.00960	55	2.27002
13	1.78342	35	0.01928	56	2.31098
14	1.58172	36	0.03354	57	2.34275
15	1.33990	37	0.05235	58	2.36743
16	1.08038	38	0.07753	59	2.38624
17	0.83806	39	0.10930	60	2.40101
18	0.63686	40	0.15027	61	2.41069
19	0.47917	41	0.20292	62	2.41737
20	0.36133	42	0.27067	63	2.42003
21	0.27067				

【 0 0 4 8 】

【実施例 1 2】表 2 1 は、実施例 1 2 の 5 分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図 2 3 のグラフに示される。この形状は、実施例 3 の光束分割素子の位相パターンの凹凸を反転させた形状であり、各次数毎の回折光の強度、および回折効率、実施例 3 の数値と一致する。

【 0 0 4 9 】

【表 2 1】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	4.56329	22	1.93737	43	2.10049
1	4.52405	23	1.79889	44	2.15274
2	4.43502	24	1.59145	45	2.19579
3	4.27650	25	1.28629	46	2.23209
4	4.02036	26	0.90202	47	2.26556
5	3.66165	27	0.54281	48	2.29785
6	3.27762	28	0.28691	49	2.33108
7	2.97196	29	0.12889	50	2.36813
8	2.76452	30	0.03937	51	2.40992
9	2.62604	31	0.00000	52	2.46267
10	2.53167	32	0.00000	53	2.53167
11	2.46267	33	0.03937	54	2.62604
12	2.40992	34	0.12889	55	2.76452
13	2.36813	35	0.28691	56	2.97196
14	2.33108	36	0.54281	57	3.27762
15	2.29785	37	0.90202	58	3.66165
16	2.26556	38	1.28629	59	4.02036
17	2.23209	39	1.59145	60	4.27650
18	2.19579	40	1.79889	61	4.43502
19	2.15274	41	1.93737	62	4.52405
20	2.10049	42	2.03199	63	4.56329
21	2.03199				

【 0 0 5 0 】

【実施例 1 3】表 2 2 は、実施例 1 3 の 7 分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図 2 4 のグラフに示される。この形状は、実施例 4 の光束分割素子の位相パターンの凹凸を反転させた形状であり、各次数毎の回折光の強度、および回折効率、実施例 4 の数値と一致する。

【 0 0 5 1 】

【表 2 2】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	6.18521	22	1.29052	43	1.48538
1	6.13494	23	1.17510	44	1.58377
2	6.03514	24	1.03683	45	1.70976
3	5.88700	25	0.87138	46	1.92059
4	5.70273	26	0.68174	47	2.47896
5	5.50372	27	0.48273	48	3.70700
6	5.31308	28	0.29795	49	4.26436
7	5.14763	29	0.14982	50	4.47470
8	5.00935	30	0.05002	51	4.60069
9	4.89343	31	0.00000	52	4.69908
10	4.79319	32	0.00000	53	4.79319
11	4.69908	33	0.05002	54	4.89343
12	4.60069	34	0.14982	55	5.00935
13	4.47470	35	0.29795	56	5.14763
14	4.26436	36	0.48273	57	5.31308
15	3.70700	37	0.68174	58	5.50372
16	2.47896	38	0.87138	59	5.70273
17	1.92059	39	1.03683	60	5.88700
18	1.70976	40	1.17510	61	6.03514
19	1.58377	41	1.29052	62	6.13494
20	1.48538	42	1.39077	63	6.18521
21	1.39077				

【0052】

【実施例14】表23は、実施例14の9分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図25のグラフに示される。この形状は、実施例5の光束分割素子の位相パターンの凹凸を反転させた形状であり、各次数毎の回折光の強度、および回折効率、実施例5の数値と一致する。

【0053】

【表23】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	6.45338	22	0.15369	43	0.70455
1	6.36611	23	0.03277	44	1.07744
2	6.17181	24	0.00000	45	1.41443
3	5.87217	25	0.04955	46	1.68126
4	5.50790	26	0.18441	47	1.90463
5	5.17139	27	0.40890	48	2.11717
6	4.89975	28	0.67712	49	2.35803
7	4.67630	29	0.91799	50	2.66487
8	4.46352	30	1.07669	51	3.06736
9	4.22610	31	1.15367	52	3.52225
10	3.92236	32	1.15367	53	3.92236
11	3.52225	33	1.07669	54	4.22610
12	3.06736	34	0.91799	55	4.46352
13	2.66487	35	0.67712	56	4.67630
14	2.35803	36	0.40890	57	4.89975
15	2.11717	37	0.18441	58	5.17139
16	1.90463	38	0.04955	59	5.50790
17	1.68126	39	0.00000	60	5.87217
18	1.41443	40	0.03277	61	6.17181
19	1.07744	41	0.15369	62	6.36611
20	0.70455	42	0.37594	63	6.45338
21	0.37594				

【0054】

【実施例15】表24は、実施例15の11分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図26のグラフに示される。この形状は、実施例6の光束分割素子の位相パターンの凹凸を反転させた形状であり、各次数毎の回折光の強度、および回折効率、実施例6の数値と一致する。

【0055】

【表24】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	8.21915	22	3.36860	43	4.30105
1	8.29565	23	1.69060	44	4.46335
2	8.43220	24	1.28945	45	4.63285
3	8.58820	25	1.09945	46	4.85015
4	8.71300	26	0.93300	47	5.15515
5	8.76950	27	0.75050	48	5.57935
6	8.74045	28	0.53480	49	6.06785
7	8.60495	29	0.30580	50	6.50165
8	8.34450	30	0.10950	51	6.85815
9	7.96600	31	0.00000	52	7.19025
10	7.55575	32	0.00000	53	7.55575
11	7.19025	33	0.10950	54	7.96600
12	6.85815	34	0.30580	55	8.34450
13	6.50165	35	0.53480	56	8.60495
14	6.06785	36	0.75050	57	8.74045
15	5.57935	37	0.93300	58	8.76950
16	5.15515	38	1.09945	59	8.71300
17	4.85015	39	1.28945	60	8.58820
18	4.63285	40	1.69060	61	8.43220
19	4.46335	41	3.36860	62	8.29565
20	4.30105	42	4.07805	63	8.21915
21	4.07805				

【 0 0 5 6 】

【実施例 1 6】表 2 5 は、実施例 1 6 の 1 3 分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図 2 7 のグラフに示される。この形状は、実施例 7 の光束分割素子の位相パターンの凹凸を反転させた形状であり、各次数毎の回折光の強度、および回折効率、実施例 7 の数値と一致する。

【 0 0 5 7 】

【表 2 5】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	7.35715	22	1.94093	43	1.21765
1	7.19882	23	2.14678	44	0.58645
2	6.60642	24	2.35698	45	0.15325
3	5.49578	25	2.59548	46	0.00000
4	5.02198	26	2.84579	47	0.03855
5	4.80235	27	3.04381	48	0.27375
6	4.60110	28	3.14491	49	0.73948
7	4.27283	29	3.15919	50	1.26317
8	3.49573	30	3.12759	51	1.63103
9	2.56942	31	3.09881	52	1.88603
10	2.14033	32	3.09881	53	2.14033
11	1.88603	33	3.12759	54	2.56942
12	1.63103	34	3.15919	55	3.49573
13	1.26317	35	3.14491	56	4.27283
14	0.73948	36	3.04381	57	4.60110
15	0.27375	37	2.84579	58	4.80235
16	0.03855	38	2.59548	59	5.02198
17	0.00000	39	2.35698	60	5.49578
18	0.15325	40	2.14678	61	6.60642
19	0.58645	41	1.94093	62	7.19882
20	1.21765	42	1.67043	63	7.35715
21	1.67043				

【 0 0 5 8 】

【実施例 1 7】表 2 6 は、実施例 1 7 の 1 5 分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図 2 8 のグラフに示される。この形状は、実施例 8 の光束分割素子の位相パターンの凹凸を反転させた形状であり、各次数毎の回折光の強度、および回折効率、実施例 8 の数値と一致する。

【 0 0 5 9 】

【表 2 6】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	8.48698	22	1.91249	43	2.64291
1	8.35130	23	1.96064	44	2.71602
2	8.03864	24	1.72046	45	2.78338
3	7.60535	25	0.97020	46	2.75439
4	7.18122	26	0.31546	47	2.61706
5	6.80437	27	0.15632	48	2.48688
6	6.42222	28	0.24645	49	2.43629
7	5.90219	29	0.54757	50	2.47663
8	5.07269	30	1.04957	51	2.66696
9	4.22797	31	1.58690	52	3.24307
10	3.71795	32	2.06552	53	4.26932
11	3.38094	33	2.67294	54	4.80259
12	3.10109	34	3.54419	55	5.08256
13	2.77700	35	4.10733	56	5.34632
14	2.12292	36	4.33444	57	5.74059
15	0.80875	37	4.38584	58	6.43300
16	0.25519	38	4.28482	59	7.23509
17	0.06277	39	3.91634	60	7.74948
18	0.00000	40	3.23377	61	8.08602
19	0.06490	41	2.78486	62	8.32493
20	0.44804	42	2.63956	63	8.46686
21	1.43293				

【0060】

【実施例18】表27は、実施例18の17分割型の光束分割素子に用いられる基準位相パターンの数値構成を示し、その形状は図29のグラフに示される。この形状は、実施例9の光束分割素子の位相パターンの凹凸を反転させた形状であり、各次数毎の回折光の強度、および回折効率、実施例9の数値と一致する。

【0061】

【表27】

座標	位相	座標	位相	座標	位相
0	6.71400	22	4.43250	43	2.75600
1	6.92250	23	4.49700	44	2.69400
2	7.34200	24	4.29250	45	2.89950
3	7.87300	25	3.79100	46	3.39450
4	8.32050	26	3.09150	47	4.14600
5	8.61700	27	2.57750	48	4.78750
6	8.75100	28	2.16500	49	5.31600
7	8.67750	29	1.42600	50	5.91650
8	8.34850	30	0.35850	51	6.55700
9	7.87350	31	0.00000	52	7.05700
10	7.45300	32	0.00000	53	7.45300
11	7.05700	33	0.35850	54	7.87350
12	6.55700	34	1.42600	55	8.34850
13	5.91650	35	2.16500	56	8.67750
14	5.31600	36	2.57750	57	8.75100
15	4.78750	37	3.09150	58	8.61700
16	4.14600	38	3.79100	59	8.32050
17	3.39450	39	4.29250	60	7.87300
18	2.89950	40	4.49700	61	7.34200
19	2.69400	41	4.43250	62	6.92250
20	2.75600	42	3.60250	63	6.71400
21	3.60250				

【0062】上述のように、各実施例の回折効率はいずれも92%以上であり、最大では実施例5、14の構成により理論上99%まで高めることができ、入射光量の有効利用が可能となる。ただし、この性能(回折効率)は、基準位相パターンが設計値通りに形成された場合の性能であり、パターンに誤差がある場合には、性能は劣化する。回折効率のバラツキを約10%以下に抑えようとした場合、許容される位相誤差は2%程度となる。例えば、段差が1 μ mの場合には、0.02 μ mの精度で基準位相パターンを形成する必要がある。

【0063】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、基準位相パターンをそのピッチ内で与えられる位相差が非線形に変化するように形成したことにより、従来より高い回折効率で入射光を分割することができる。また、隣接する基準位相パターン間に位相ギャップがないため、モールド時に金型から素子へパターンを正確に複写できる。

【0064】さらに、全体をメニスカスのシリンドリカル形状とすると、製造工程の負担を軽減することができる。なお、位相ギャップを持たない場合、回折効率を高く保つためには、回折による光束の分割数を奇数とすることが望ましい。また、光コンピュータ等への適用を考えた場合には、 $2^n + 1$ 本、例えば5、9、17本に分割し、1本をモニター用等に供するのが効果的である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施形態の光束分割素子の位相パターンを拡

大して示す拡大斜視図。

【図2】 実施形態の光束分割素子の全体構成を示す斜視図。

【図3】 実施例1の8分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図4】 実施例1の光束分割素子の回折光の強度分布を示すグラフ。

【図5】 実施例2の3分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図6】 実施例2の光束分割素子の回折光の強度分布を示すグラフ。

【図7】 実施例3の5分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図8】 実施例3の光束分割素子の回折光の強度分布を示すグラフ。

【図9】 実施例4の7分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図10】 実施例4の光束分割素子の回折光の強度分布を示すグラフ。

【図11】 実施例5の9分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図12】 実施例5の光束分割素子の回折光の強度分布を示すグラフ。

【図13】 実施例6の11分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図14】 実施例6の光束分割素子の回折光の強度分布を示すグラフ。

【図15】 実施例7の13分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図16】 実施例7の光束分割素子の回折光の強度分布を示すグラフ。

【図17】 実施例8の15分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図18】 実施例8の光束分割素子の回折光の強度分布を示すグラフ。

【図19】 実施例9の17分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図20】 実施例9の光束分割素子の回折光の強度分布を示すグラフ。

【図21】 実施例10の8分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図22】 実施例11の3分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図23】 実施例12の5分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図24】 実施例13の7分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図25】 実施例14の9分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図26】 実施例15の11分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図27】 実施例16の13分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図28】 実施例17の15分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【図29】 実施例18の17分割型の光束分割素子の基準位相パターンの構成を示すグラフ。

【符号の説明】

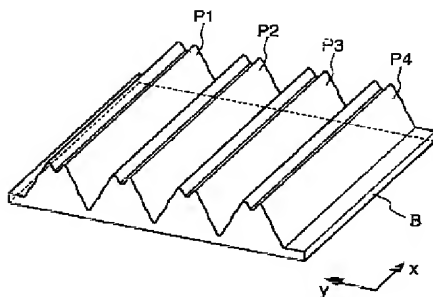
P1, P2, ... 基準位相パターン

B 基板

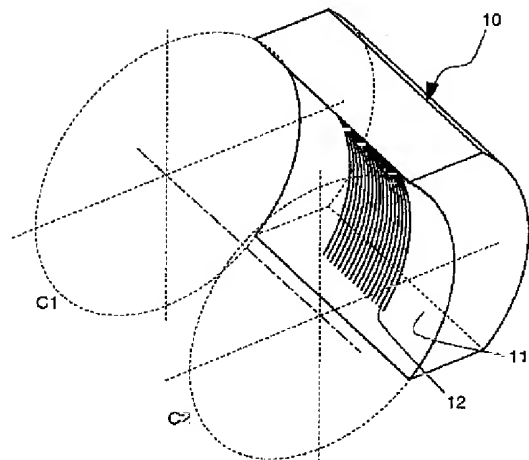
10 光束分割素子

12 回折パターン部

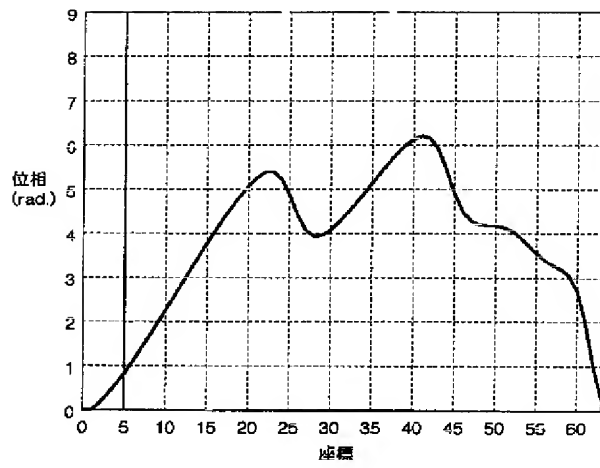
【図1】



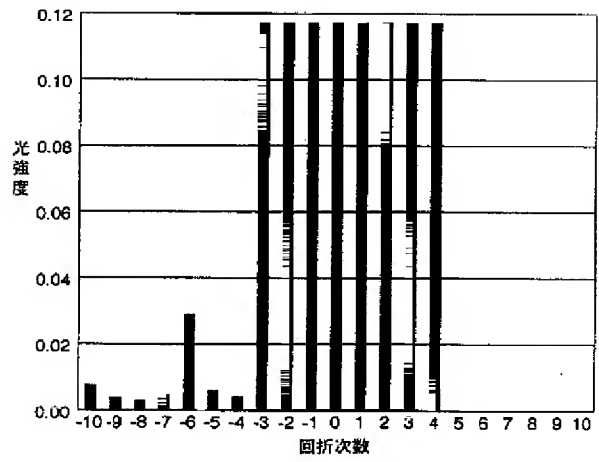
【図2】



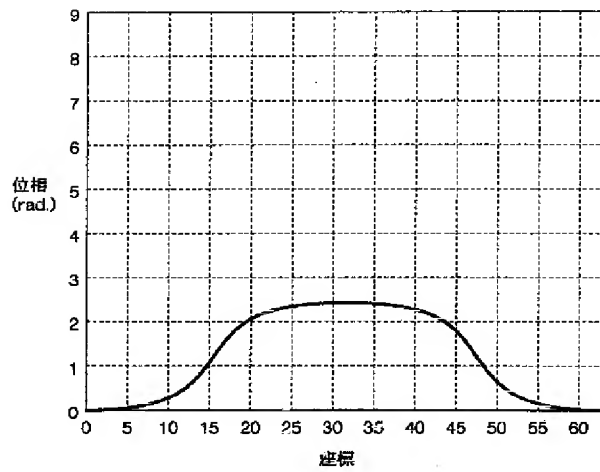
【図3】



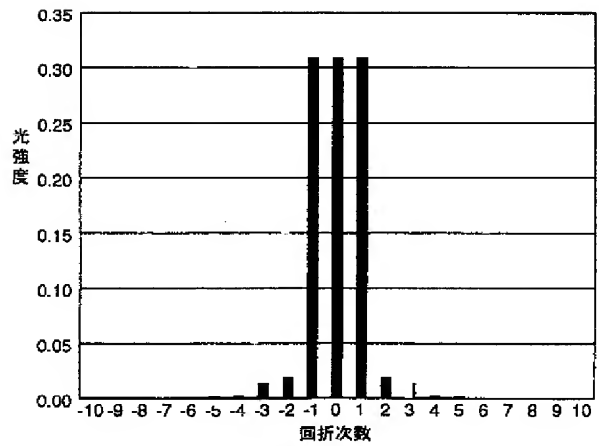
【図4】



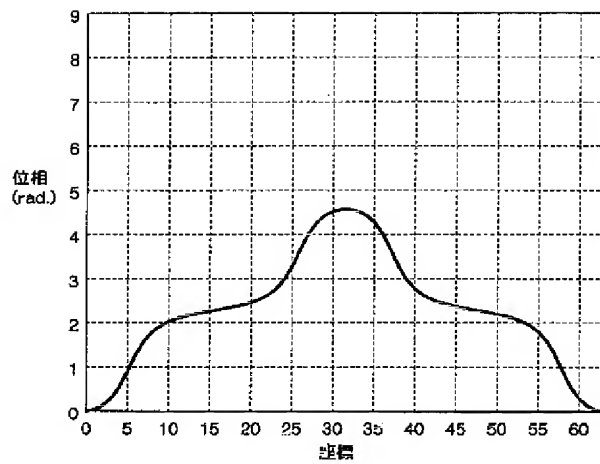
【図5】



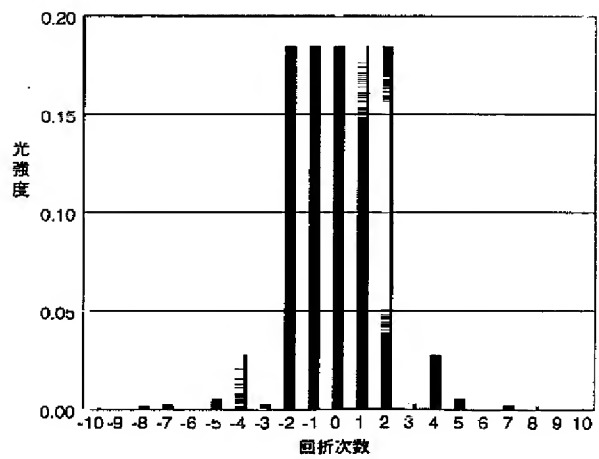
【図6】



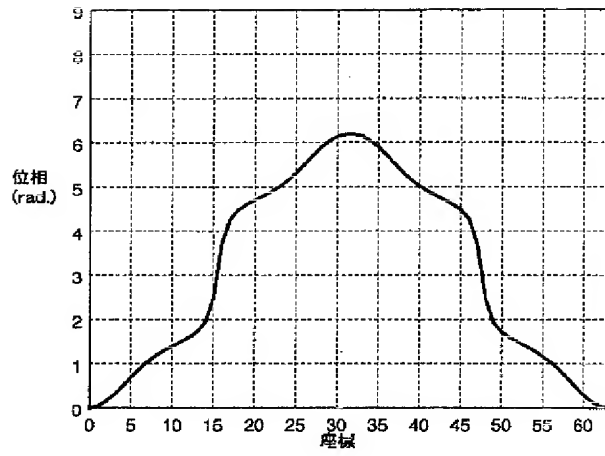
【図7】



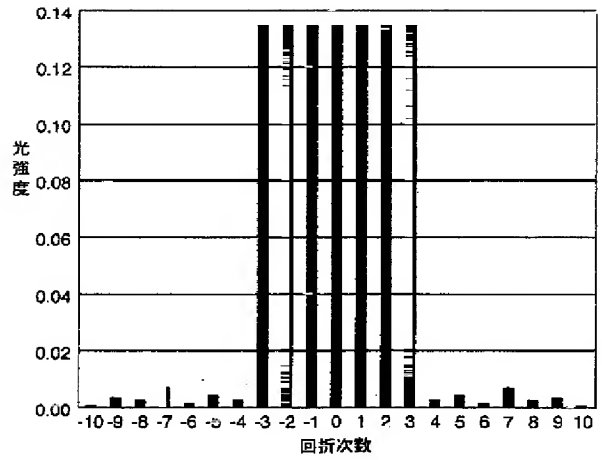
【図8】



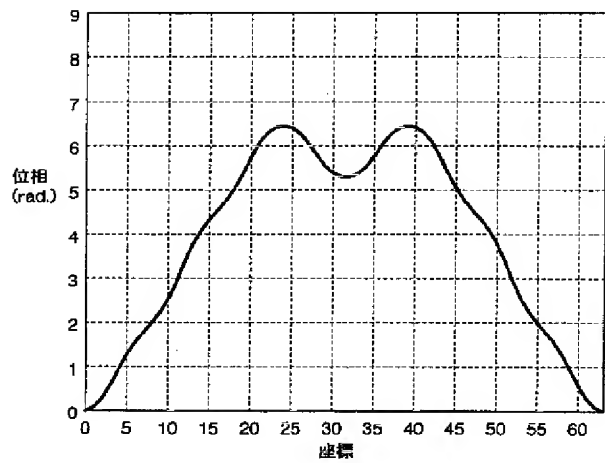
【図9】



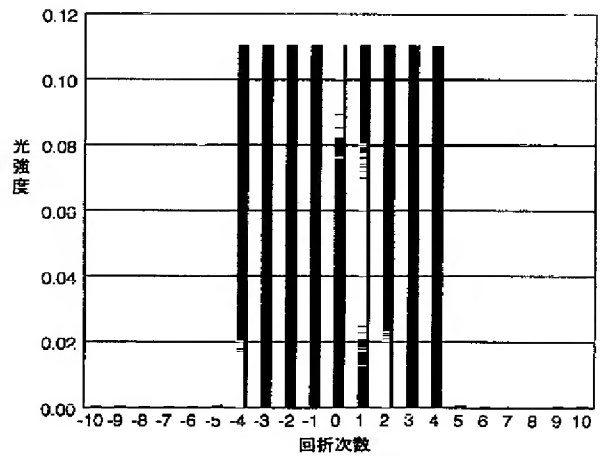
【図10】



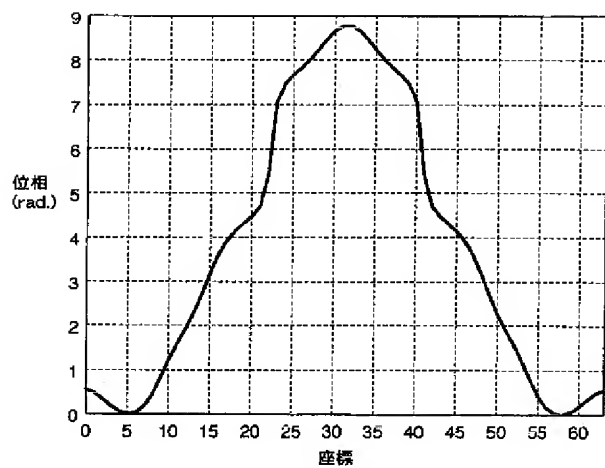
【図11】



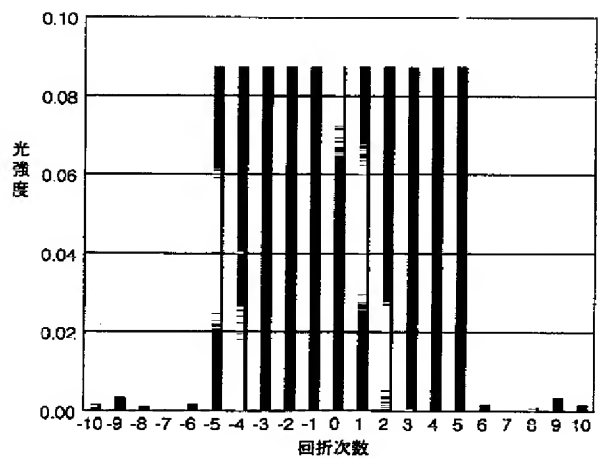
【図12】



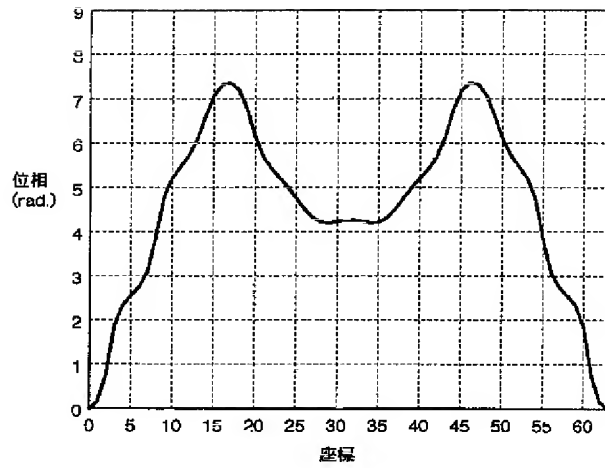
【図13】



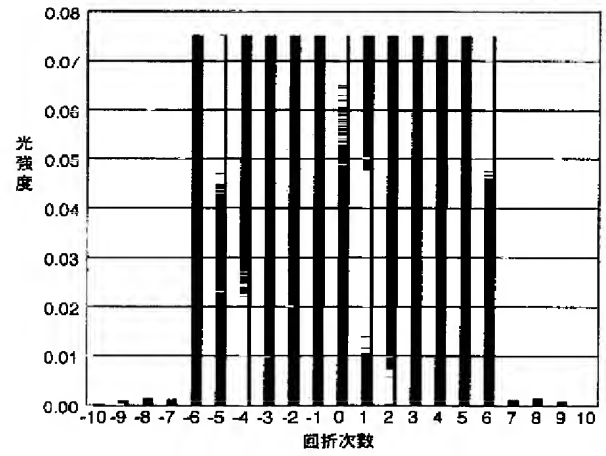
【図14】



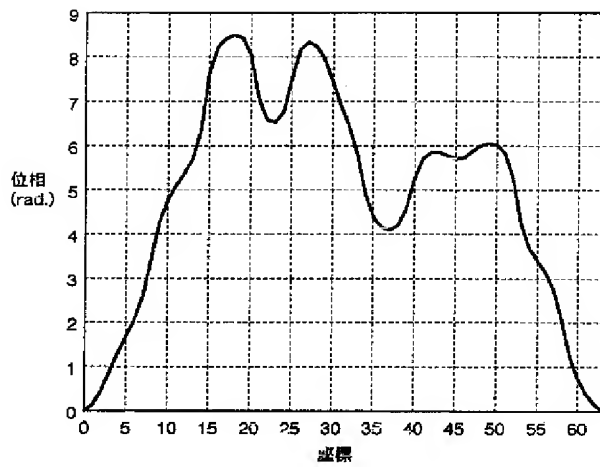
【図15】



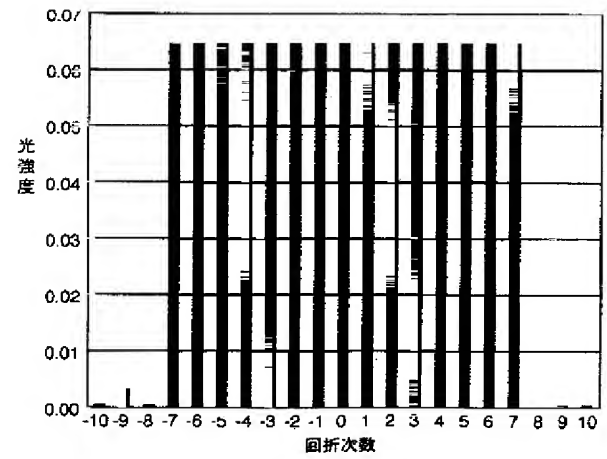
【図16】



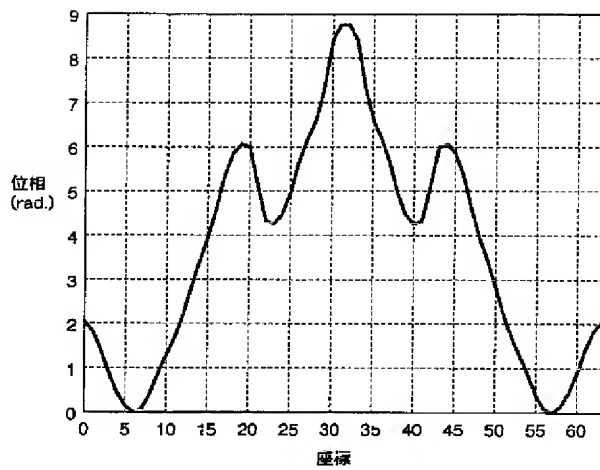
【図17】



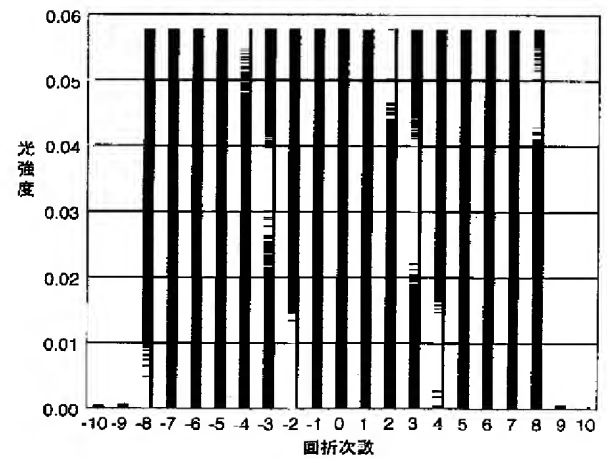
【図18】



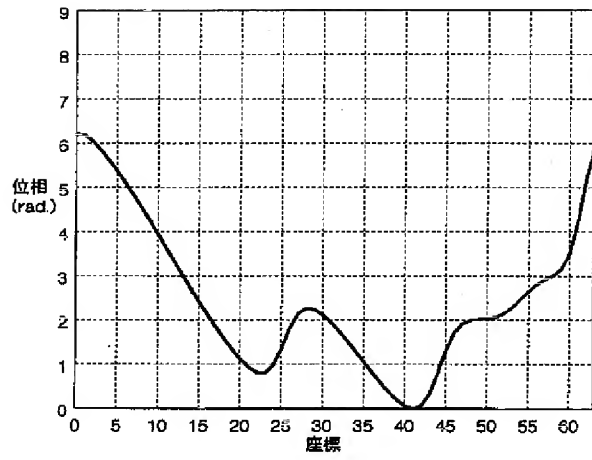
【図19】



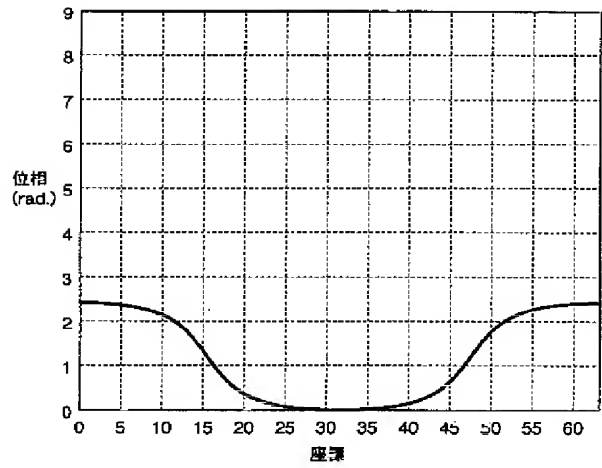
【図20】



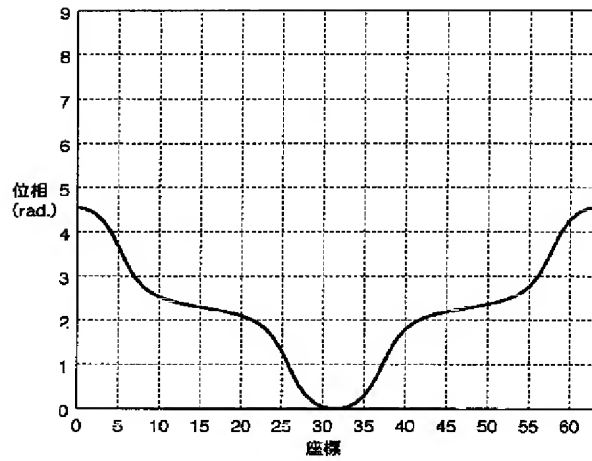
【図21】



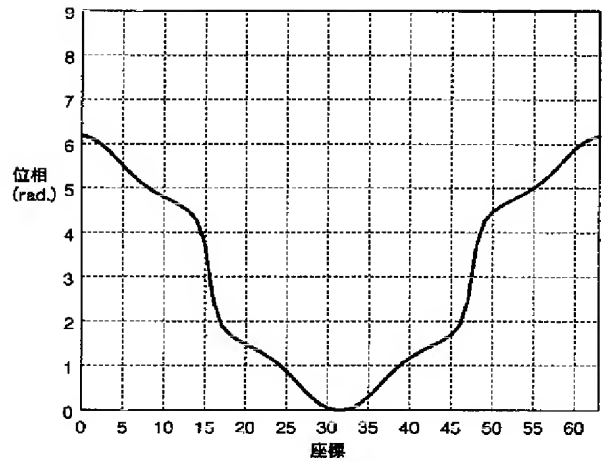
【図22】



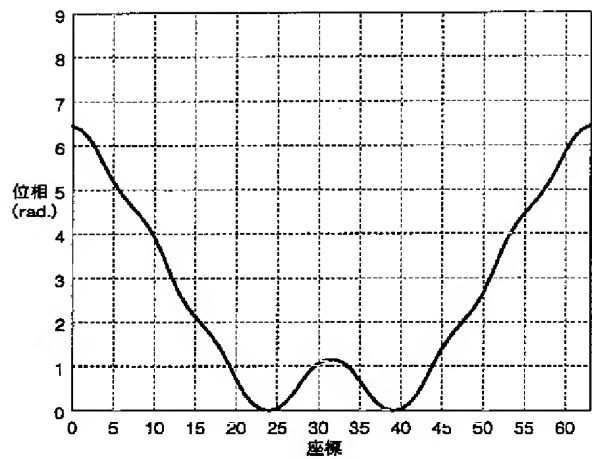
【図23】



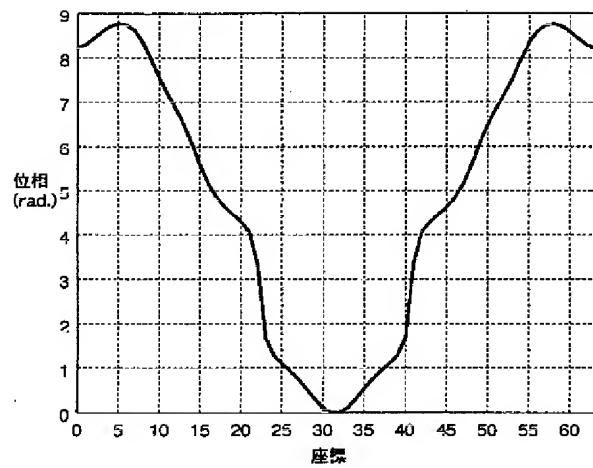
【図24】



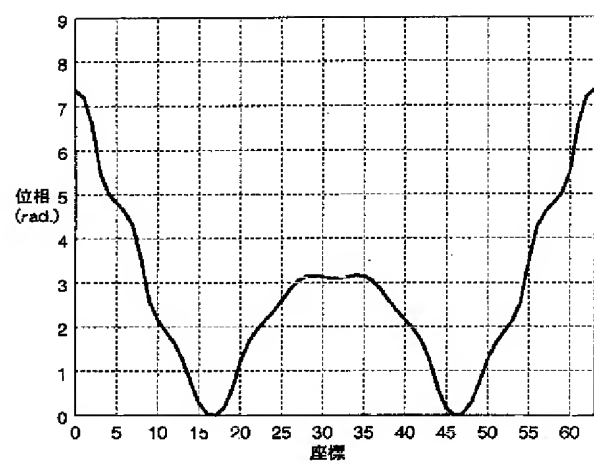
【図25】



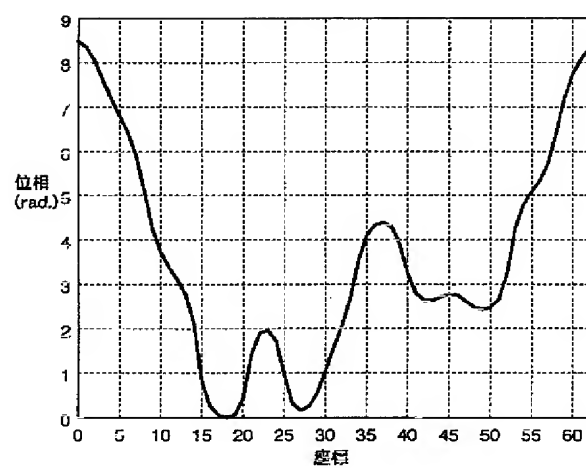
【図26】



【図27】



【図28】



【図29】

